·论著·

累积脂质蓄积指数与高血压发病相关性：一项前瞻性队列研究

梅景雁[1]，陈敏[2]，张列强[2]，潘昀熙[2]，王鑫[2]，赵小登[2]，詹玮[2]，刘涛[2*]，王艺颖[2*]

1.550004 贵州省贵阳市 贵州医科大学附属医院针灸科
2.550004 贵州省贵阳市 贵州省疾病预防控制中心
*通信作者：刘涛，主任医师/博士生导师；E-mail：liutaobs@163.com
王艺颖，副主任医师；E-mail：15885547339@163.com

【摘要】 **背景** 高血压是造成全球疾病负担和死亡的主要因素，已成为当今社会普遍的公共卫生问题之一。累积脂质蓄积指数（LAP）可反映腹部和内脏脂肪蓄积程度，多项横断面研究表明，LAP与高血压有显著相关性，但这些研究并没有充分考虑长期暴露下对高血压发病风险的影响，LAP与高血压发病因果关系的研究仍较为少见。**目的** 评估累LAP与高血压发病风险的相关性，探讨该指标对高血压发病的预测能力。**方法** 采用贵州省自然人群队列研究数据库，于2010-11-20—2012-12-19纳入研究对象，收集基线资料，并于2016年4月—2020年10月进行随访，最终纳入3 548例研究对象。将患者按累积LAP分为4个水平（Q1~Q4组），Q1组（累积LAP≤14.54，*n*=887），Q2组（14.54<累积LAP≤24.35，*n*=887），Q3组（24.35<累积LAP≤39.21，*n*=887），Q4组（累积LAP＞39.21，*n*=887）。并依据是否有新发高血压将患者分为非高血压组（*n*=2 696）和高血压组（*n*=852）。采用Cox比例回归模型评估累积LAP与高血压的关系。采用限制性立方样条评估累积LAP与高血压发病风险的剂量-反应关系。绘制累积LAP预测高血压的时间依赖性受试者工作特征（ROC）曲线。排除随访时间<3年、高血压前期人群。**结果** 纳入3 548例成年人中男1 607例（45.3%），女1 941例（54.7%），平均年龄（42.5±14.1）岁，随访期间有852例（11.2%）新诊断为高血压。非高血压组和高血压组研究对象性别、年龄、受教育程度、高血压家族史、油摄入过量、盐摄入过量、新鲜水果摄入不足、缺乏睡眠占比、BMI、舒张压、空腹血糖（FPG）、累积LAP比较，差异有统计学意义（*P*<0.05）。Cox比例回归模型结果示，与Q1组比较，在调整了潜在协变量后，Q2组（*aHR*=1.330，95%*CI*=1.053~1.681）、Q3组（*aHR*=1.706，95%*CI*=1.364~2.134）、Q4组（*aHR*=2.339，95%*CI*=1.869~2.928）高血压发生的风险均逐渐升高。限制性立方样条结果示累积LAP与高血压风险呈非线性量效关系（P非线性<0.01），在新发高血压风险随着累积LAP的升高而升高，但累积LAP>65后趋于稳定。绘制累积LAP预测新发高血压的时间依赖性ROC曲线，结果提示累积LAP预测连续平均暴露6、7、8、9年后，总人群高血压发病的ROC曲线下面积（AUC）分别为0.617、0.590、0.603、0.634。男性高血压发病的AUC分别为0.600、0.561、0.571、0.558，女性高血压发病的AUC分别为0.638、0.629、0.647、0.711，城市人群高血压发病的AUC分别为0.596、0.565、0.602、0.621。农村人群高血压发病的AUC分别为0.629、0.592、0.594、0.635。**结论** 累积LAP是高血压发病的独立危险因素，但不是预测高血压发病的理想指标，对于高血压发病的预测价值较为有限。

【关键词】 高血压；脂质蓄积指数；队列研究；预测
【中图分类号】 R 544.1 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0540

The Association between Cumulative Lipid Accumulation Index and Hypertension：a Prospective Cohort Study

MEI Jingyan[1]，*CHEN Min*[2]，*ZHANG Lieqiang*[2]，*PAN Yunxi*[2]，*WANG Xin*[2]，*ZHAO Xiaodeng*[2]，*ZHAN Wei*[2]，*LIU Tao*[2*]，*WANG YIying*[2*]
1.Acupuncture Department，the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University，Guiyang 550004，China

基金项目：贵州省科技计划（黔科合支撑［2018］2819）；贵州省卫生健康委省级重点建设学科项目
引用本文：梅景雁，陈敏，张列强，等．累积脂质蓄积指数与高血压发病相关性：一项前瞻性队列研究［J］．中国全科医学，2025. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0540.［Epub ahead of print］.［www.chinagp.net］
MEI J Y，CHEN M，ZHANG L Q，et al. The association between cumulative lipid accumulation index and hypertension：a prospective cohort study［J］. Chinese General Practice，2025.［Epub ahead of print］.

2.Guizhou Provincial Center for Disease Control and Prevention, Guiyang 550004, China
*Corresponding authors: LIU Tao, Chief physician/Doctoral supervisor; E-mail: liutaobs@163.com
WANG Yiying, Associate chief physician; E-mail: 15885547339@163.com

【Abstract】 **Background** Hypertension remains a major contributor to the global disease burden and mortality, representing a critical public health challenge. While the cumulative lipid accumulation product (LAP), a marker of abdominal and visceral fat deposition, has shown cross-sectional associations with hypertension, existing studies inadequately address the impact of long-term cumulative LAP exposure on hypertension risk. Furthermore, causal relationships between cumulative LAP and incident hypertension remain underexplored. **Objective** To evaluate the association between cumulative LAP and hypertension risk and assess its predictive capacity for incident hypertension. **Methods** Data were derived from the Guizhou Natural Population Cohort Study database. Participants were enrolled from November 20, 2010, to December 19, 2012, and followed up from April 2016 to October 2020. A total of 3 548 subjects were ultimately included in the analysis. Participants were divided into four quartiles based on cumulative LAP (Q1-Q4 groups): Q1 (cumulative LAP ≤ 14.54, *n*=887), Q2 (14.54<cumulative LAP ≤ 24.35, *n*=887), Q3 (24.35<cumulative LAP ≤ 39.21, *n*=887), and Q4 (cumulative LAP >39.21, *n*=887). Subjects were further categorized into non-hypertension group (*n*=2 696) and hypertension group (*n*=852) based on the development of new-onset hypertension. The relationship between cumulative LAP and hypertension was evaluated using the Cox proportional hazards regression model. The dose-response relationship between cumulative LAP and hypertension risk was assessed using restricted cubic splines. Time-dependent receiver operating characteristic (ROC) curves were constructed to evaluate the predictive ability of cumulative LAP for hypertension. Participants with follow-up duration <3 years and those with pre-hypertension were excluded. **Results** Among the 3 548 adults included, 1 607 (45.3%) were men and 1 941 (54.7%) were women, with a mean age of 42.5 ± 14.1 years. During the follow-up period, 852 (11.2%) subjects were newly diagnosed with hypertension. Significant differences were observed between the non-hypertension and hypertension groups in terms of gender, age, education level, family history of hypertension, excessive intake of oil, excessive intake of salt, insufficient intake of fresh fruits, proportion of inadequate sleep, body mass index (BMI), diastolic blood pressure, fasting plasma glucose (FPG), and cumulative LAP (P<0.05). The results of the Cox proportional hazards regression model showed that, compared with the Q1 group, the risk of hypertension increased progressively in the Q2 group (*aHR*=1.330, 95%*CI*=1.053-1.681), Q3 group (*aHR*=1.706, 95%*CI*=1.364-2.134), and Q4 group (*aHR*=2.339, 95%*CI*=1.869-2.928) after adjusting for potential confounders. The restricted cubic spline analysis revealed a non-linear dose-response relationship between cumulative LAP and hypertension risk (Pnon-linearity<0.01), with the risk of new-onset hypertension increasing with cumulative LAP but stabilizing after cumulative LAP >65. The time-dependent ROC curves for predicting hypertension incidence showed that the area under the ROC curve (AUC) for the overall population was 0.617, 0.590, 0.603, and 0.634 for continuous average exposure of 6, 7, 8, and 9 years, respectively. The AUC for men was 0.600, 0.561, 0.571, and 0.558, and for women, it was 0.638, 0.629, 0.647, and 0.711. For urban populations, the AUC was 0.596, 0.565, 0.602, and 0.621, while for rural populations, it was 0.629, 0.592, 0.594, and 0.635. **Conclusion** Cumulative LAP is an independent risk factor for the onset of hypertension, but it is not an ideal indicator for predicting the onset of hypertension, and its predictive value for the onset of hypertension is relatively limited.

【Key words】 Hypertension; Lipid accumulation product; Cohort study; Forecast

作为当今普遍的公共卫生问题之一，高血压是造成全球疾病负担和死亡的主要因素。一项全球疾病负担研究表明，全球大约有四分之一的成年人患有高血压，每年有 940 万人死于血压控制不佳，全球每年有 2.12 亿人由于高血压而导致伤残的发生[1]。作为全因死亡的可控危险因素，控制高血压对预防和降低居民疾病负担和死亡显得尤为重要。一些研究表明，肥胖者患高血压的可能性是正常人群的 3.5 倍[2-3]。2005 年 KAHN[4]提出了累积脂质蓄积指数（lipid accumulation index，LAP）这个概念，将腰围（waistline，WC）和三酰甘油（triglyceride，TG）结合起来，可同时反映腹部和内脏脂肪蓄积程度。随着人们对这一指标的研究深入，有横断面研究表明，LAP 与高血压有显著相关性，且相关性强于其他肥胖指数[5]。部分研究还提示了 LAP 与吸烟、高血压家族史对高血压患病的相互作用[6-7]。2018 年一项基于中国人群的横断面调查认为 LAP 可能是高血压的重要预测因子[8]。然而，这些观点大都来自于横断面研究，仅在一个时间点进行 LAP 的测量，未充分考虑长期暴露及可能的变化带来的影响。本研究旨在采用队列数据评估累积LAP与高血压发病风险的关系，并探讨该指标对预测高血压发生的能力。

1　对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用贵州省自然人群队列研究数据库。采用多阶段比例分层整群抽样方法，于2010-11-20—2012-12-19在贵州省12个区（包括5个市区和7个县城区）共48个乡镇抽取9 280名常住居民进行基线调查。纳入标准为：（1）年龄在18周岁或以上；（2）在研究地区居住6个月以上且无迁出计划；（3）能配合填写调查问卷和抽血；（4）签署知情同意书。2016年4月—2020年10月共完成随访调查8 163例，失访1 117例（占比12.04%），随访率87.96%。排除基线有高血压病史者2 057例、随访调查中WC、TG资料缺失者2 421例、结果不明确者9例，最终有3 548例研究对象纳入研究，研究对象筛选流程见图1。本研究通过贵州省疾病预防控制中心伦理委员会批准（S2017-02）。

1.2 数据收集

采用中国疾控中心设计的中国成年人慢性病及其危险因素监测调查问卷，由经过正式培训的医务人员通过面对面调查进行基线信息收集。基线信息包括人口统计学特征（性别、年龄、居住地区、受教育程度、婚姻状况和职业）、生活方式（吸烟、饮酒和体力活动）和主要慢性病史。2016年12月—2020年6月对基线调查对象进行随访，随访方式及内容同基线调查。终点事件定义为在随访期间发生了高血压，截尾数据定义为失访、截止随访结束未发生高血压、研究数据存在缺失。随访人年从入组之日起计算至高血压诊断、死亡或随访之日，以先发生的时间为准。

1.3 测量数据及实验室检测

在基线及随访现场调查中，由训练有素的测量员使用统一的测量仪测量身高、体质量、WC和血压等数据。血压的取值采取每隔1 min测量血压1次，共测量3次。如果3次测量值相差≤ 10 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa），则取3次测量值的平均值作为最终读数。如果3次测量值相差较大，取2次相似测量值的平均值作为最终读数。在最低肋缘与髂骨之间的中点处测量WC，取值精确至0.1 cm，以3次测量的平均值作为最终读数。身高、体质量以3次测量的平均值作为最终读数。禁食至少8 h后取静脉血，测定空腹血糖（FPG）、总胆固醇（TC）、TG、高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）和低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C），血液样本的检测统一送至贵州省疾病预防控制中心进行测定。

1.4 高血压的定义

收缩压（SBP）≥ 140 mmHg和/或舒张压（DBP）≥ 90 mmHg[9]或使用降压药物或医生诊断、自我报告为高血压。高血压前期定义为收缩压（SBP）=130~<139 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）和/或舒张压（DBP）=80~<90mmHg。

1.5 累积LAP的计算

男性LAP=［WC（cm）-65］×TG（mmol/L），女性LAP=［WC（cm）-58］×TG（mmol/L），累积LAP=（LAP基线+LAP随访）/2；累积LAP代表长期暴露下的LAP平均水平。根据累积LAP四分位数值，将患者按累积LAP分为4个水平（Q1~Q4组），Q1组（累积LAP ≤ 14.54，n=887），Q2组（14.54<累积LAP ≤ 24.35，n=887），Q3组（24.35<累积LAP ≤ 39.21，n=887），Q4组（累积LAP > 39.21，n=887）。

1.6 其他相关的协变量

包括性别、年龄、婚姻状况（已婚/同居、未婚）、受教育程度（小学及以下、中学、高中及以上）、体力活动（从不、多于每周1次）、吸烟史（从未、调查前有吸烟史）、饮酒史（从未、调查前有饮酒史）、高血压家族史（父亲、母亲或父母均有高血压）、油摄入过量（每天摄入超过25 g）、盐摄入过量（每天摄入超过6 g）、谷物和淀粉摄入不足（每天摄入少于250 g）、新鲜摄入蔬菜不足（每天摄入少于300 g）、新鲜摄入水果不足（每天摄入少于200 g）、红肉摄入过量（每天摄入超过300 g）、缺乏睡眠（每天睡眠少于6 h）、BMI。

1.7 统计学方法

采用R 4.3.2进行统计学分析，采用Shapiro-Wilk检验数据是否呈正态分布，符合正态分布的计量资料以（$\bar{x} \pm s$）表示，两组比较采用独立样本t检验；不符合正态分布的计量资料以M（P_{25}，P_{75}）表示，两组比较采用秩和检验；计数资料以例（%）表示，组间比较采用χ^2检验。采用Cox比例回归模型评估累积LAP与高血压的关系，并对协变量进行校正。采用限制性立方样条评估累积LAP与高血压发病风险的剂量-反应关系。绘制累积LAP预测高血压的时间依赖性受试者工作特征（ROC）曲线。排除随访时间<3年、高血压前期人群，随机选取50%和40%的调查对象进行敏感性分析。统计检验均为双侧检验，以P<0.05为有统计学意义。

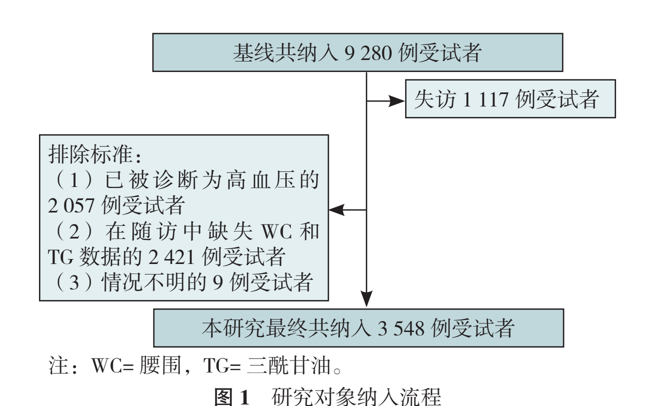
2 结果

2.1 研究对象基线资料

本研究共纳入3 548例成年人进行分析，其中男1 607例（45.3%），女1 941例（54.7%），平均年龄（42.5 ± 14.1）岁，平均FPG（5.22 ± 1.25）mmol/L，平均收缩压（116 ± 12）mmHg，平均舒张压（74 ± 8）mmHg。平均随访人年（6.81 ± 1.34），随访期间有852例新诊断为高血压，有高血压家族史者398例（11.2%），已婚/同居2 855例（80.5%），城市居民1 279例（36.0%）。

依据是否有新发高血压将患者分为非高血压组（n=2

696）和高血压组（n=852），两组性别、年龄、受教育程度、高血压家族史、油摄入过量、盐摄入过量、新鲜水果摄入不足、缺乏睡眠占比、BMI、舒张压、FPG、累积 LAP 比较，差异有统计学意义（P<0.05）；两组研究对象居住地区、婚姻状况、体力活动、吸烟、饮酒、血脂异常、谷物和淀粉摄入不足、新鲜蔬菜摄入不足、红肉摄入过量比例、收缩压比较，差异无统计学意义（P>0.05），见表 1。



注：WC= 腰围，TG= 三酰甘油。
图 1 研究对象纳入流程
Figure 1 Inclusion process of research subjects

2.2 Cox 比例回归模型探讨累积 LAP 与新发高血压的关系

Q1~Q4 组发病密度分别为 20.34/1 000 人年、27.83/1 000 人年、40.90/1 000 人年、52.23/1 000 人年。以是否新发高血压（赋值：是 =1，否 =0）为因变量，以累积 LAP 水平分组（赋值：Q1 组 =1，Q2 组 =2，Q3 组 =3，Q4 组 =4）为自变量进行 Cox 比例回归分析，结果显示在调整了性别、年龄、受教育程度、高血压家族史、BMI、收缩压、舒张压、FPG、油摄入过量、盐摄入过量、摄入新鲜水果不足、缺乏睡眠后研究发现，累积 LAP 每升高 1 个单位，高血压发生的风险随之增加。与 Q1 组比较，在调整了潜在协变量后，Q2 组（aHR=1.330，95%CI=1.053~1.681）、Q3 组（aHR=1.706，95%CI=1.364~2.134）、Q4 组（aHR=2.339，95%CI=1.869~2.928）高血压发生的风险均逐渐升高。且随着累积 LAP 水平的升高，高血压发病风险也逐渐升高（$P_{趋势}$<0.05）。详见表 2。

模型 1 调整了性别、年龄，模型 2 在模型 1 基础上调整了受教育程度、高血压家族史、BMI、收缩压、舒

表 1 研究对象基线资料
Table 1 Baseline data of study subjects

组别	例数	性别［例（%）］		年龄（岁）	居住地区［例（%）］		婚姻状况［例（%）］		受教育程度［例（%）］		
		男	女		城市	乡村	未婚	已婚/同居	小学及以下	中学	高中及以上
非高血压组	2 696	1 195（44.3）	1 501（55.7）	40.9±13.7	991（36.8）	1 705（63.2）	546（20.3）	2 150（79.7）	1 304（48.4）	891（33.0）	501（18.6）
高血压组	852	412（48.4）	440（51.6）	47.5±14.4	288（33.8）	564（66.2）	147（17.3）	705（82.7）	532（62.4）	222（26.1）	98（11.5）
检验统计量值		4.250		12.145[a]	2.453		3.704		54.096		
P 值		0.039		0.001	0.117		0.054		0.001		

组别	体力活动［例（%）］		吸烟［例（%）］		饮酒［例（%）］		高血压家族史［例（%）］			血脂异常［例（%）］	
	从不	多于每周1次	否	是	否	是	父或母有高血压	无	情况不明	否	是
非高血压组	329（12.2）	2 367（87.8）	2 157（80.0）	539（20.0）	2 642（98.0）	54（2.0）	326（12.1）	1 714（63.6）	656（24.3）	1 223（45.4）	1 473（54.6）
高血压组	99（11.6）	753（88.4）	662（77.7）	190（22.3）	830（97.4）	22（2.6）	72（8.5）	541（52.9）	239（28.1）	401（47.1）	451（52.9）
检验统计量值	0.208		2.112		1.036		11.203			0.756	
P 值	0.648		0.146		0.309		0.004			0.385	

组别	油摄入过量［例（%）］		盐摄入过量［例（%）］		谷物和淀粉摄入不足［例（%）］		新鲜蔬菜摄入不足［例（%）］		新鲜水果摄入不足［例（%）］		红肉摄入过量［例（%）］	
	否	是	否	是	否	是	否	是	否	是	否	是
非高血压组	793（29.4）	1 903（70.6）	836（31.0）	1 860（69.0）	2 237（83.0）	459（17.0）	1 845（68.4）	851（31.6）	225（8.3）	2 471（91.7）	2 548（94.5）	148（5.5）
高血压组	217（25.5）	635（74.5）	224（26.3）	628（73.7）	699（82.0）	153（18.0）	574（67.4）	278（32.6）	50（5.9）	802（94.1）	811（95.2）	41（4.8）
检验统计量值	4.947		6.878		0.394		0.338		5.556		0.589	
P 值	0.026		0.009		0.530		0.561		0.018		0.443	

组别	缺乏睡眠［例（%）］		BMI［例（%）］				收缩压（mmHg）	舒张压（mmHg）	空腹血糖（mmol/L）	累积 LAP
	否	是	<18.5 kg/m^2	18.5~23.9 kg/m^2	24.0~27.9 kg/m^2	≥28.0 kg/m^2				
非高血压组	2 609（96.8）	87（3.2）	166（6.2）	1 793（66.5）	608（22.6）	166（4.7）	115±12	73±8	5.21±1.14	31.69（19.61，49.69）
高血压组	802（94.1）	50（5.9）	44（5.2）	527（61.9）	220（25.8）	44（7.1）	119±12	75±8	5.27±1.54	22.44（13.43，35.71）
检验统计量值	12.169		13.004				0.666[a]	4.366[a]	5.618[a]	−11.638[b]
P 值	0.001		0.005				0.415	0.037	0.018	0.001

注：[a] 为 t 值，[b] 为 Z 值，余检验统计量值为 χ^2 值；LAP= 脂质蓄积指数；1 mmHg=0.133 kPa。

张压、FPG，模型3在模型2的基础上调整了油摄入过量，盐摄入过量，摄入新鲜水果不足，缺乏睡眠。

2.3 不同性别人群累积LAP与新发高血压风险的剂量–反应关系

采用限制性立方样条评估累积LAP与高血压发病风险之间的剂量–反应关系。在调整性别、年龄、受教育程度、高血压家族史、BMI、收缩压、舒张压、FPG、过量摄入油，过量摄入盐，新鲜水果摄入不足，睡眠不足等因素后，累积LAP与高血压风险呈非线性量效关系（$P_{非线性}$<0.01），在新发高血压风险随着累积LAP的升高而升高，但累积LAP>65后趋于稳定，不同性别人群均有此类似现象。

2.4 累积LAP预测新发高血压的时间依赖性ROC曲线

绘制累积LAP预测新发高血压的时间依赖性ROC曲线，结果提示累积LAP预测连续平均暴露6、7、8、9年后，总人群高血压发病的ROC曲线下面积（AUC）分别为0.617、0.590、0.603、0.634。男性高血压发病的AUC分别为0.600、0.561、0.571、0.558，女性高血压发病的AUC分别为0.638、0.629、0.647、0.711，城市人群高血压发病的AUC分别为0.596、0.565、0.602、0.621。农村人群高血压发病的AUC分别为0.629、0.592、0.594、0.635，见表4、图3。

2.5 累积LAP与新发高血压风险的敏感性分析

分别剔除随访时间<3年、高血压前期人群，并随机抽取50%调查人群、随机抽取40%调查人群，结果与之前基本一致，见图4。

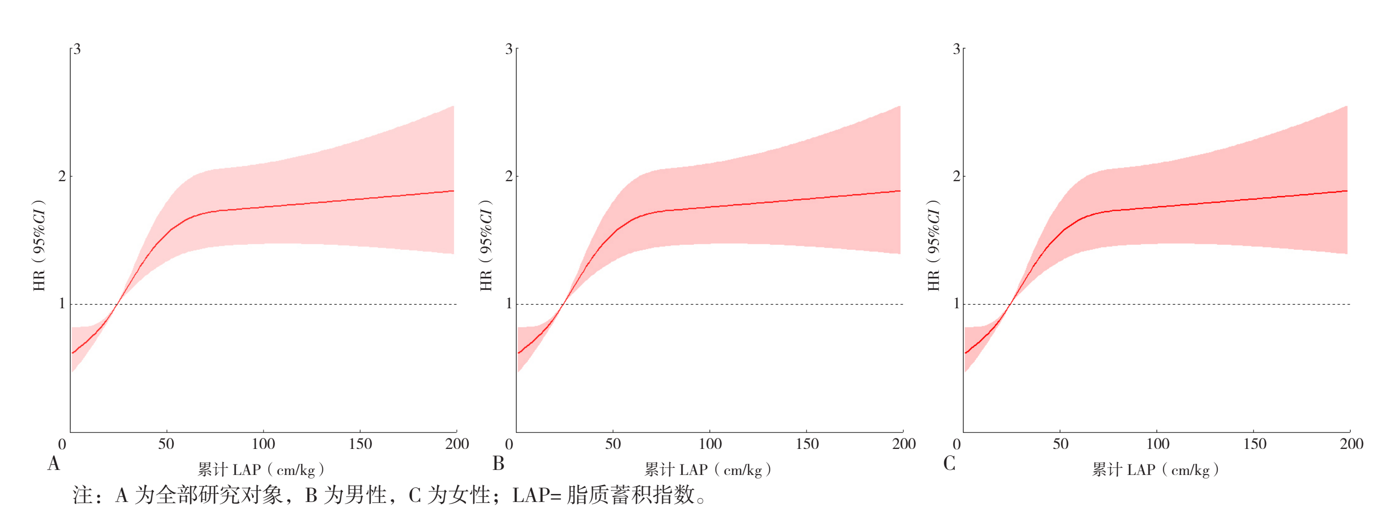
4 讨论

大量研究表明，内脏脂肪分布与高血压前期及心血管疾病密切相关，其对心脏代谢的影响比皮下脂肪危害更大[9–11]。过多的内脏脂肪组织可能导致脂肪毒性、胰岛素抵抗和炎性递质的增加[12–13]，内脏脂肪蓄积与胰岛素抵抗有关，可能会加快高血压和动脉粥样硬化的进展、刺激血压升高[14]。TG作为反映内脏脂肪堆积程度的指标，是高血压明确的危险因素。此外，大量研究结果表明，WC作为腹部肥胖的一个指标可以用来评估向心性肥胖，是许多慢性病的预测因子，其与血压升高显著相关[15–16]，WC每增加1 cm，患高血压风险增加1.2倍[17–18]。TG升高和WC增大均是高血压的危险因素[19–24]。2005年，KAHN[4]提出了LAP的概念来评估成年人的脂质过度累积，作为一个新的指标，将反映体脂过度蓄积的解剖学指标WC和生理学指标TG进行了结合，在对糖尿病和心血管疾病风险的识别明显优于BMI，更能反映内脏脂质蓄积。随着这一概念的提出，越来越多的研究讨论了LAP与各种疾病之间的关系。

表2 累积LAP与新发高血压关系的Cox比例回归模型结果

Table 2 Results of the Cox Proportional regression model for the relationship between cumulative LAP and new-onset hypertension

变量	模型1		模型2		模型3	
	aHR（95%*CI*）	*P*值	*aHR*（95%*CI*）	*P*值	*aHR*（95%*CI*）	*P*值
Q1组	1		1		1	
Q2组	1.313（1.041~1.655）	0.022	1.337（1.058~1.690）	0.015	1.330（1.053~1.681）	0.017
Q3组	1.754（1.411~2.181）	<0.01	1.747（1.397~2.184）	<0.01	1.706（1.364~2.134）	<0.01
Q4组	2.388（1.939~2.940）	<0.01	2.373（1.896~2.969）	<0.01	2.339（1.869~2.928）	<0.01



注：A为全部研究对象，B为男性，C为女性；LAP=脂质蓄积指数。

图2 不同性别人群累积LAP与新发高血压风险的限制性立方样条图

Figure 2 Restricted cubic spline plots of cumulative LAP and the risk of new-onset hypertension in different gender groups

注：A 为总人群，B 为男性人群，C 为女性人群，D 为城市人群，E 为乡村人群。

图 3 不同人群累积 LAP 预测新发高血压的时间依赖性 ROC 曲线

Figure 3 Time-dependent ROC curve of cumulative LAP in predicting new-onset hypertension in different populations

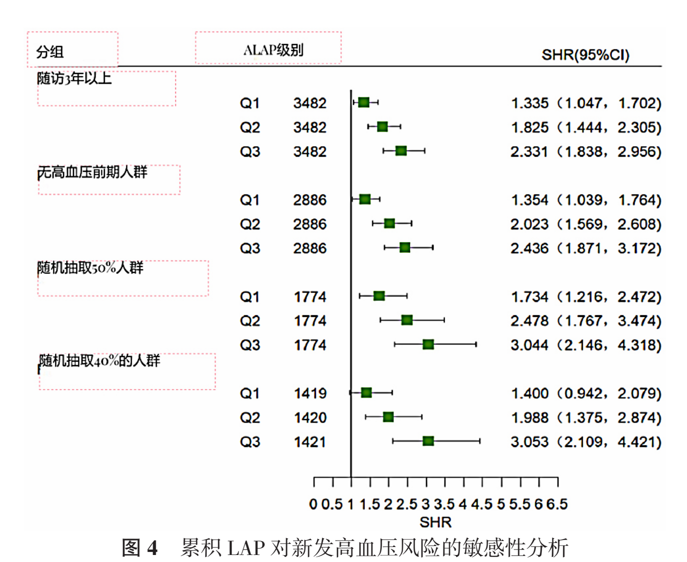


图 4 累积 LAP 对新发高血压风险的敏感性分析

Figure 4 TSensitivity analysis of cumulative LAP on the risk of incident hypertension

2018 年我国蚌埠进行的一项基于社区的横断面研究提示，LAP 升高与我国汉族成年人高血压的高风险显著相关[5]。2019 年另一项对我国南方 2 079 名社区成年人的横断面调查也显示，LAP 与高血压风险也显著相关，LAP 的测量可以更全面地了解与体脂分布变化相关的高血压风险[6]。但以上研究均为横断面调查，无法确定 LAP 与高血压的因果关系。目前为止，LAP 与高血压发病因果关系的研究较少，本研究通过长期随访，对连续 LAP 暴露与新发高血压的关系进行了研究，进一步证实了 LAP 是高血压发病的危险因素，与高血压发病风险呈非线性剂量－反应关系，其水平在一定范围内与高血压发病风险呈正相关，高血压发病的 aHR 随着 LAP 指数的升高而显著升高，但累积 LAP>65 后趋于稳定。

本研究发现，累积 LAP 对新发高血压的预测能力是有限的，其准确性和可靠性不高，并不是预测本地区成年人群高血压发病的一个理想指标，与既往研究存在一定差异，例如 2020 年一项基于我国 683 名 8~15 岁的儿童和青少年的横断面调查研究认为，儿童时期的 LAP 可作为预测儿童高血压的新指标[25]。2013 年一项基于对 2 589 名我国蒙古族人群的调查研究提出，在蒙古族男性中，LAP 与高血压风险的关系比 BMI 更密切，提示 LAP 可能是预测男性高血压风险的指标[26]，2023 年中国健康与退休纵向研究显示，在 45 岁及以上中老年人群中，LAP 预测高血压的能力有中等意义（男

表 4 累积 LAP 对不同人群新发高血压的预测价值

Table 4 Predictive value of cumulative LAP for new-onset hypertension in different populations

暴露时间	最佳截断值	灵敏度	特异度	约登指数	AUC	95%*CI*
总人群						
暴露 6 年	16.470	0.469	0.278	0.191	0.617	0.578~0.656
暴露 7 年	29.295	0.454	0.286	0.167	0.590	0.546~0.603
暴露 8 年	29.295	0.453	0.271	0.182	0.603	0.550~0.611
暴露 9 年	43.345	0.634	0.397	0.237	0.634	0.553~0.642
性别						
男性						
暴露 6 年	39.090	0.412	0.245	0.167	0.600	0.543~0.658
暴露 7 年	29.190	0.372	0.247	0.125	0.561	0.509~0.592
暴露 8 年	29.295	0.390	0.242	0.147	0.571	0.512~0.601
暴露 9 年	9.183	0.430	0.307	0.123	0.558	0.483~0.609
女性						
暴露 6 年	16.839	0.670	0.426	0.243	0.638	0.689~0.658
暴露 7 年	10.255	0.532	0.324	0.208	0.629	0.642~0.592
暴露 8 年	6.845	0.642	0.414	0.228	0.647	0.652~0.601
暴露 9 年	12.775	0.825	0.476	0.349	0.711	0.708~0.609
居住地区						
城市						
暴露 6 年	58.925	0.493	0.298	0.195	0.596	0.529~0.663
暴露 7 年	75.925	0.499	0.331	0.168	0.565	0.505~0.611
暴露 8 年	64.655	0.379	0.189	0.190	0.602	0.506~0.635
暴露 9 年	112.474	0.739	0.507	0.231	0.621	0.490~0.654
乡村						
暴露 6 年	9.468	0.649	0.438	0.211	0.629	0.581~0.676
暴露 7 年	19.408	0.424	0.274	0.15	0.592	0.542~0.611
暴露 8 年	19.408	0.422	0.264	0.157	0.594	0.540~0.611
暴露 9 年	27.305	0.627	0.395	0.232	0.635	0.556~0.661

性 AUC=0.579，灵敏度 47.60%，特异度 67.30%；女性 AUC=0.594，灵敏度 72.50%，特异度 44.00%）[27]。上述研究的 LAP 均使用的是横断面调查数据或纵向研究的基线 LAP，本研究结合了基线和随访的 LAP 数据，反映了长期暴露的情况。研究结果的差异可能与研究方法、研究对象有着密切的关系，需要更深入的研究。

本研究采用了前瞻性队列研究的方法、随访时间长以及获得了广泛的生活方式和潜在的混杂因素信息，在研究中采用了基线与随访的 LAP 值，较好的反映了长期暴露带来的影响，研究结果能有效说明 LAP 与高血压发病的因果关系。但本研究也存在一定局限性，本研究样本量相对较小，未来需要更大规模或更长期的研究。其次本研究受试者仅限于本地区的成年人，研究结论可能不能推广到其他人群。此外，有一些可能的混杂因素，如遗传变异等没有得到处理，这可能会影响研究结果。综上所示，本研究发现累积 LAP 是高血压发病的独立危险因素，但并非预测新发高血压的理想指标，需要探索更有效的预测指标，为高血压患者的早期识别和有效管理提供科学依据。

作者贡献：梅景雁提出主要研究目标和研究理念，负责研究的构思与设计，撰写论文；陈敏、张列强进行数据的收集与整理，提供统计学方法的设计与思路，潘昀熙、王鑫负责统计学的处理及图表的绘制；赵小登、詹玮进行论文的修订；刘涛、王艺颖对研究进行了思路指导，负责文章的质量控制与审查、整体的监督管理，对文章负责。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] FOROUZANFAR M H，LIU P，ROTH G A，et al. Global burden of hypertension and systolic blood pressure of at least 110 to 115 mm Hg，1990–2015［J］. JAMA，2017，317（2）：165–182. DOI：10.1001/jama.2016.19043.

[2] WANG Y F，WANG Q J. The prevalence of prehypertension and hypertension among US adults according to the new joint national committee guidelines：new challenges of the old problem［J］. Arch Intern Med，2004，164（19）：2126–2134. DOI：10.1001/archinte.164.19.2126.

[3] LANDSBERG L，ARONNE L J，BEILIN L J，et al. Obesity–related hypertension：pathogenesis，cardiovascular risk，and treatment：a position paper of the obesity society and the American society of hypertension［J］. J Clin Hypertens，2013，15（1）：14–33. DOI：10.1111/jch.12049.

[4] KAHN H S. The "lipid accumulation product" performs better than the body mass index for recognizing cardiovascular risk：a population–based comparison［J］. BMC Cardiovasc Disord，2005，5：26. DOI：10.1186/1471–2261–5–26.

[5] GAO X，WANG G，WANG A，et al. Comparison of lipid accumulation product with body mass index as an indicator of hypertension risk among Mongolians in China［J］. Obes Res Clin Pract，2013，7（4）：e308–14. DOI：10.1016/j.orcp.2012.02.002.

[6] SONG J，ZHAO Y Y，NIE S M，et al. The effect of lipid accumulation product and its interaction with other factors on hypertension risk in Chinese Han population：a cross–sectional study［J］. PLoS One，2018，13（6）：e0198105. DOI：10.1371/journal.pone.0198105.

[7] HUANG J X，BAO X Y，XIE Y X，et al. Interaction of lipid accumulation product and family history of hypertension on hypertension risk：a cross–sectional study in the Southern Chinese population［J］. BMJ Open，2019，9（11）：e029253. DOI：10.1136/bmjopen–2019–029253.

[8] WANG H Y，CHEN Y T，SUN G Z，et al. Validity of cardiometabolic index，lipid accumulation product，and body adiposity index in predicting the risk of hypertension in Chinese population［J］. Postgrad Med，2018，130（3）：325–333. DOI：10.1080/00325481.2018.1444901.

[9] CHANDRA A，NEELAND I J，BERRY J D，et al. The relationship of body mass and fat distribution with incident hypertension：

observations from the Dallas Heart Study［J］. J Am Coll Cardiol，2014，64（10）：997-1002. DOI：10.1016/j.jacc.2014.05.057.
［10］申元媛 . 中国成人脂质蓄积指数与高血压、糖尿病及心血管疾病的关系［D］. 北京：北京协和医学院，2017.
［11］刘娜 . 冠心病患者腹部内脏脂肪与胰岛素抵抗的相关性研究［D］. 石家庄：河北医科大学，2012.
［12］MISRA A，VIKRAM N K. Clinical and pathophysiological consequences of abdominal adiposity and abdominal adipose tissue depots［J］. Nutrition，2003，19（5）：457-466. DOI：10.1016/s0899-9007(02)01003-1.
［13］CAI J W，LIN C T，LAI S Q，et al. Waist-to-height ratio，an optimal anthropometric indicator for metabolic dysfunction associated fatty liver disease in the Western Chinese male population［J］. Lipids Health Dis，2021，20（1）：145. DOI：10.1186/s12944-021-01568-9.
［14］BOSCARO M，GIACCHETTI G，RONCONI V. Visceral adipose tissue：emerging role of gluco- and mineralocorticoid hormones in the setting of cardiometabolic alterations［J］. Ann N Y Acad Sci，2012，1264（1）：87-102. DOI：10.1111/j.1749-6632.2012.06597.x.
［15］陈冯梅，郭志荣，海波，等 . 体质指数、腰围、腰臀比和腰高比对高血压发病影响前瞻性队列研究［J］. 中国公共卫生，2021，37（12）：1774-1777. DOI：10.11847/zgggws1128795.
［16］SARDINHA L B，SANTOS D A，SILVA A M，et al. A comparison between BMI，waist circumference，and waist-to-height ratio for identifying cardio-metabolic risk in children and adolescents［J］. PLoS One，2016，11（2）：e0149351. DOI：10.1371/journal.pone.0149351.
［17］冯小燕，王军义，吴珊，等 . 中山市体检老年人腹部肥胖指标与高血压患病关系［J］. 中国公共卫生，2023，39（11）：1397-1406. DOI：10.11847/zgggws1140468
［18］李园，翟凤英，王惠君，等 . 中国成年人体质指数和腰围与高血压关系的四年随访研究［J］. 卫生研究，2007，36（4）：478-480. DOI：10.3969/j.issn.1000-8020.2007.04.020.
［19］TOMITA Y，SAKATA S，ARIMA H，et al. Relationship between casual serum triglyceride levels and the development of hypertension in Japanese［J］. J Hypertens，2021，39（4）：677-682. DOI：10.1097/HJH.0000000000002693.
［20］ZHENG R J，MAO Y S. Triglyceride and glucose（TyG）index as a predictor of incident hypertension：a 9-year longitudinal population-based study［J］. Lipids Health Dis，2017，16（1）：175. DOI：10.1186/s12944-017-0562-y.
［21］TAWFIK H M. Waist height ratio and waist circumference in relation to hypertension，Framingham risk score in hospitalized elderly Egyptians［J］. Egypt Heart J，2018，70（3）：213-216. DOI：10.1016/j.ehj.2017.12.008.
［22］ROKA R，MICHIMI A，MACY G. Associations between hypertension and body mass index and waist circumference in U.S. adults：a comparative analysis by gender［J］. High Blood Press Cardiovasc Prev，2015，22（3）：265-273. DOI：10.1007/s40292-015-0106-3.
［23］NURDIANTAMI Y，WATANABE K，TANAKA E，et al. Association of general and central obesity with hypertension［J］. Clin Nutr，2018，37（4）：1259-1263. DOI：10.1016/j.clnu.2017.05.012.
［24］SUN H，ZHENG M，WU S，et al. Waist circumference and incidence of hypertension in Chinese adults［J］. Herz，2017，42（7）：677-683. DOI：10.1007/s00059-016-4501-x.
［25］WANG Y，LIU W M，SUN L L，et al. A novel indicator，childhood lipid accumulation product，is associated with hypertension in Chinese children and adolescents［J］. Hypertens Res，2020，43（4）：305-312. DOI：10.1038/s41440-019-0366-8.
［26］GAO X，WANG G，WANG A，et al. Comparison of lipid accumulation product with body mass index as an indicator of hypertension risk among Mongolians in China［J］. Obes Res Clin Pract，2013，7（4）：e308-14. DOI：10.1016/j.orcp.2012.02.002.
［27］LI Y，GUI J，ZHANG X，et al. Predicting hypertension by obesity- and lipid-related indices in mid-aged and elderly Chinese：a nationwide cohort study from the China Health and Retirement Longitudinal Study［J］. BMC Cardiovasc Disord，2023，23（1）：201. DOI：10.1186/s12872-023-03232-9.

（收稿日期：2024-11-11；修回日期：2025-01-14）
（本文编辑：邹琳）